Aus dem Oskar-Helene-Heim
Orthopädische Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin

(Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold)

Strömungsverhältnisse an der mikrochirurgischen Gefäßnaht in Abhängigkeit vom Spannungszustand des Gefäßes

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Sonja Bohle, geb. Pfeiffer

aus Berlin

1986

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus dem Oskar-Helene-Heim
Orthopädische Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin

(Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold)

Strömungsverhältnisse an der mikrochirurgischen Gefäßnaht in Abhängigkeit vom Spannungszustand des Gefäßes

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Sonja Bohle, geb. Pfeiffer

aus Berlin

Referent: Professor Dr. med. G. Friedebold

Korreferent: Professor Dr. med. L. Tung

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 27.10.1986

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	Einleitung und Problemstellung	4
2	Entwicklung der Mikrochirurgie	6
3	Eigene tierexperimentelle Untersuchungen	10
3.1	Versuchsanordnung und Versuchstiere	10
3.2	Anästhesie und Vorbereitung	11
3.3	Operatives Vorgehen	11
3.4	Entnahme der Präparate	21
4	Ergebnisse	24
4.1	Makroskopische Befunde	24
4.2	Mikroskopische Befunde	24
5	Diskussion	31
6	Zusammenfassung	35
7	Literaturverzeichnis	37

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549614_0066

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die in den letzten zwei Jahrzehnten erzielten Fortschritte in der Mikrovaskularchirurgie haben der Replantations- und Wiederherstellungschirurgie neue Möglichkeiten eröffnet. So stellen Hand- und Fingerreplantationen in einigen Kliniken heute Routineeingriffe dar.

Bei traumatisch amputierten Extremitätenanteilen liegt meist eine erhebliche Schädigung der durchtrennten Gefäßenden vor. Vor der Replantation muß eine Kürzung der Gefäßstümpfe bis in sicher vitales Gewebe erfolgen, um eine sofortige Thrombosierung zu vermeiden.

Da bisher eine spannungsfreie Adaptation der Gefäßenden als unbedingte Voraussetzung für eine erfolgreiche Reanastomosierung galt, muß nun entweder der Knochen des Amputates gekürzt oder die fehlende Gefäßstrecke mit einem Interponat überbrückt werden (Biemer 1977b und 1981, O'Brien 1977, Aaos 1978 und 1979, Hubbard 1983, Rao 1983). Als Interponate kommen hierbei meist autologe Venentransplantate zur Anwendung.

In der Klinik finden Veneninterponate weiterhin Anwendung bei der freien Lappentransplantation und als Ausgleich bei der Anastomosierung von Gefäßen mit unterschiedlichem Durchmesser.

Veneninterpositionen sind zeitlich aufwendiger als einfache End-zu-End-Anastomosen. Wie Langzeituntersuchungen bewiesen haben, unterliegen sie zudem - bedingt durch den arteriellen Druck - starken Wandveränderungen, aus denen ein erhöhtes

Thrombosierungsrisiko abgeleitet werden kann (Fuchs 1979, Biemer 1981).

Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein zu untersuchen, inwieweit eine auch unter erheblicher Spannung mit sorgfältigster atraumatischer Nahttechnik ausgeführte arterielle End-zu-End-Anastomose funktionstüchtig ist.

2 ENTWICKLUNG DER MIKROCHIRURGIE

Bei der Mikrochirurgie handelt es sich keineswegs um eine Technik, die sich völlig neuartiger Methoden bedient. Bereits 1921 wurde das Operationsmikroskop von Nylen in der Otochirurgie eingesetzt und 1950 von Perrit in die Ophthalmologie eingeführt.

Doch erst 1960 begründeten Jacobson und Suarez den routinemäßigen Einsatz der Mikrogefäßchirurgie mit einer Veröffentlichung über tierexperimentelle End-zu-End-Anastomosen an arteriellen Gefäßen mit einem Durchmesser von 1,4 bis 3,2 mm. In der Folgezeit beschäftigten sich zahlreiche Autoren mit der Entwicklung eines geeigneten Instrumentariums und der Optimierung der Nahttechnik (Jacobson 1962, Salmon et al. 1964 und 1968, Buncke et al. 1965 und 1966a, Parel 1968, Henderson 1970b, O'Brien 1970 a, b, d und 1973 b, Acland 1972 c, d, Fujino et al. 1975 a, Rigg 1975, Harashina et al. 1976). Neben Juwelierpinzetten kamen federbetriebene Scheren und Nadelhalter sowie spezielle Mikrogefäßklemmen zur Anwendung (Henderson 1970 a, Tamai 1972, Acland 1974, Biemer 1977 a).

Als Grundbedingung für eine funktionstüchtige Anastomosierung wird immer wieder auf eine sorgfältige atraumatische Nahtausführung hingewiesen (Hedberg 1962, Buncke 1965, Cobbett 1967, Jacobson 1965, Hayhurst 1975). Dazu war die Entwicklung neuer Nahtmaterialien mit miniaturisierten Nadeln erforderlich. Die von O'Brien et al. 1970 und 1973 vorgeschlagene Metallisierung des Fadenendes als Nadelersatz konnte sich, wie auch die von Buncke und McLean 1971 propagierte gerade Nadel, nicht durchsetzen (O'Brien 1970 c und 1973 a, Buncke 1971).

Heute wird für mikrochirurgische Gefäßnähte monofiler Nylonfaden der Stärke 10 x 0 oder 11 x 0, armiert mit einer 3/8 Kreis-Rundkörpernadel, bevorzugt. In jüngster Zeit wurde auch über erfolgreiche Versuche mit resorbierbarem Nahtmaterial berichtet (Kaletsch 1982, Duspiva 1982).

In tierexperimentellen Untersuchungen wurde Fibrinkleber in der Mikrovaskularchirurgie eingesetzt, um die Zahl der Nähte und damit die Einbringung von Fremdmaterial in den Anastomosenbereich möglichst gering zu halten (Matras 1977).

Bei der Anastomosierung von Gefäßen mit einem Durchmesser unter 3 mm wird Einzelknopfnähten gegenüber der fortlaufenden Nahttechnik der Vorzug gegeben, da hierbei Narbenbildung und dadurch bedingte Gefäßverengung geringer ausgeprägt sind (Duspiva 1976, Lendvay 1970, Lee 1982).

Die 1967 von Cobbett empfohlene "eccentric biangulation technique" hat sich zur Anlage der Haltefäden bewährt (Cobbett 1967 a). Die Knüpfung der ersten Nähte im Abstand von 120 ° wurde bereits 1902 von Carrel beschrieben.

Um die Bedingungen für die Anastomosierung zu erleichtern und damit die langen Operationszeiten zu verkürzen, wurden die Gefäßenden über einem Polyäthylen-, Metall- oder Gelatinetubus aufgespannt (Man 1962, Mozes 1963, Ballinger 1963).

Auch Gefäßheftapparate kamen in tierexperimentellen Versuchen zur Anwendung, konnten sich aber, wie die o. g. Cuff-Technik, in der Klinik nicht durchsetzen (Holt 1960, Nakajama 1962, Östrup 1975).

1965 gelang Buncke und Schulz die Replantation neun zuvor amputierter Finger bei Rhesusaffen, wobei ein Transplantat eine dauerhafte Vitalität zeigte. 1966 replantierten die gleichen Autoren erfolgreich Kaninchenohren und transplantierten bei drei Rhesusaffen den Großzeh an die Stelle des Daumens (Buncke 1966 a, b).

Die erste erfolgreiche Replantation eines menschlichen Daumens wurde 1965 von Komatsu und Tamai durchgeführt (Komatsu 1968).

Cobbett ersetzte 1969 einen amputierten Daumen durch ein freies Großzehentransplantat. Dabei konnte ein funktionell befriedigendes Ergebnis erzielt werden (Cobbett 1969).

Weitere Berichte über Gliedmaßenreplantationen nach totaler oder subtotaler Abtrennung wurden von verschiedenen Autoren publiziert (Lendvay 1968, 1970 und 1973, Snyder 1972, Buncke 1973, O'Brien 1973 b, c, Serafin 1973, Hayhurst 1974, Tamai 1974, Duspiva 1976, Biemer 1976 b und 1977 a, c, Schmidt-Tintemann 1976, Petrovskij 1978, Frey 1981).

Auch die plastische und Wiederherstellungschirurgie bediente sich zunehmend mikrochirurgischer Gefäßnähte zur Anastomosierung freier Lappentransplantate. Neben tierexperimentellen Vollhaut- und Inselappenübertragungen (Krizek 1965, O'Brien 1973 e) verwendeten Antia und Buch 1971 erstmals beim Menschen ein Vollhauttransplantat aus der Leistenregion zur Deckung eines Wangendefektes. In der Folgezeit wurden neben dem Leistenlappen auch freie Omentumlappen, Deltopektoral- und Fußrückenlappen zur plastischen Deckung eingesetzt (McGregor 1972, McLean 1972, Daniel 1973 a, b und 1975, Kaplan 1973, O'Brien 1973 f und 1974, Harii 1974 a, b

UNIV. LEIPZIG BIBL.

und 1975 a, b, Ikuta 1975, McCraw 1975, Rigg 1975, Fujino 1975 b, Baudet 1976 a, b, Biemer 1976 a, Ohmori 1976, Robinson 1976, Serafin 1976, Harashina 1977, Acland 1979).

Zur Überbrückung größerer knöcherner Defekte werden in der orthopädischen und plastischen Chirurgie Knochentransplantate mit mikrovaskulärem Anschluß eingesetzt. Die kontinuierliche Perfusion z. B. eines Fibulaanteiles durch Anastomosierung der A. peronaea mit einem entsprechenden Empfängergefäß erleichtert die Einheilung eines solchen Transplantates (Taylor 1975, Hubbard 1983).

Außer in den bereits erwähnten Disziplinen kommen mikrochirurgische Techniken in der Neurochirurgie sowie in der Urologie und Gynäkologie, insbesondere bei der Infertilitätsbehandlung, zur Anwendung. Dieses weitgefächerte Indikationsspektrum bringt ein Zitat von Daniel zum Ausdruck:

> "Microsurgery is a surgical technique clinically applicable in every surgical speciality" (Daniel et al. 1977)

3 EIGENE TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Versuchsanordnung und Versuchstiere

Als Versuchstiere standen 30 Bastard-Kaninchen beiderlei Geschlechts mit einem Gewicht von 2,5 bis 3,5 kg zur Verfügung. Die Tierhaltung erfolgte in Einzelkäfigen, als Nahrung wurden Trockenfutter und Leitungswasser ad libitum verabreicht.

Die Untersuchungen wurden an der rechten Arteria femoralis durchgeführt, die einen durchschnittlichen Gefäßdurchmesser von 0,9 mm aufwies. Für die Veneninterponate würden Transplantate aus der benachbarten Vena femoralis entnommen.

Die 30 Tiere wurden in 3 Gruppen zu je 10 Kaninchen aufgeteilt.

In Gruppe 1 erfolgte eine End-zu-End-Anastomosierung der A. femoralis nach vorheriger Durchtrennung.

In Gruppe 2 wurde die durch die Eigenelastizität der Media bedingte Retraktion der Gefäßenden durch ein Veneninterponat ausgeglichen.

Bei den Tieren der Gruppe 3 wurde nach Durchtrennung des Gefäßes zusätzlich ein 2-mm-Segment aus der Arterie entfernt und die Anastomosierung somit unter erhöhter Spannung durchgeführt.

3.2 Anästhesie und Vorbereitung

Als Prämedikation wurden 10 mg Ketamin-Base[1] sowie 2,5 mg Droperidol[2] pro kg Körpergewicht intramuskulär injiziert. Der Eingriff selbst erfolgte in Thiopental[3]-Narkose, wofür als Initialdosis 10 mg/kg Körpergewicht über einen Venenkatheter für Säuglinge in eine Ohrrandvene verabreicht wurden. Der Katheter verblieb während des gesamten Eingriffs für weitere Nachinjektionen in der Vene.

Das narkotisierte Tier wurde in Rückenlage auf der Arbeitsplatte fixiert und die Innenseite des rechten Oberschenkels bis knapp oberhalb der Leistenbeuge zunächst grob mit der Schere und anschließend mit einer chemischen Enthaarungscreme[4] vom Fell befreit.

3.3 Operatives Vorgehen

Nach Hautdesinfektion wurde die Gefäß-Nervenscheide des Hinterlaufes durch einen längsverlaufenden Hautschnitt freigelegt. Die Darstellung der A. bzw. V. femoralis erfolgte zunächst stumpf mit üblichem chirurgischem Instrumentarium. Die weitere Freipräparation wurde mit Mikropinzetten und

---

1) Ketanest®, Parke, Davis & Co., München
2) Dehydrobenzperidol®, Janssen GmbH, Neuss
3) Trapanal®, Byk Gulden, Konstanz
4) Pilca®, Fa. Olivin, Hamburg

Mikroschere [1] unter dem binokularen Operationsmikroskop[2] vorgenommen. Kleinere Gefäßabgänge wurden sorgfältig mit dem bipolaren Koagulator durchtrennt. Die Befeuchtung des Operationsgebietes erfolgte mit physiologischer NaCl-Lösung in Körpertemperatur.

Das weitere chirurgische Vorgehen war in den jeweiligen Versuchsgruppen unterschiedlich.

Gruppe 1

Die A. femoralis wurde in den Approximator nach Millesi-Piza eingespannt; dabei wurde zuerst die proximale Klemme zur Unterbrechung des Blutstromes geschlossen. Der so fixierte Gefäßabschnitt wurde in der Mitte mit einer geraden Mikroschere durchtrennt. Die Gefäßstümpfe wurden durch eine rundgeschliffene Kanüle mit heparinisierter Ringer-Lösung (10 IU/ml) perfundiert, um intravasale Blutreste zu entfernen und die Lumina zu entfalten (s. Abb. 1).

Die locker anhaftende Adventitia wurde von den Gefäßenden entfernt, um ein Eindringen in den Nahtspalt zu vermeiden (Hedberg 1962, Chase 1963, Jacobson 1965, Tamai 1972).

---

1) Instrumente: Fa. Recker, Berlin
Dumont-MET, Switzerland

2) OPMI 6, Fa. Zeiss, Oberkochen

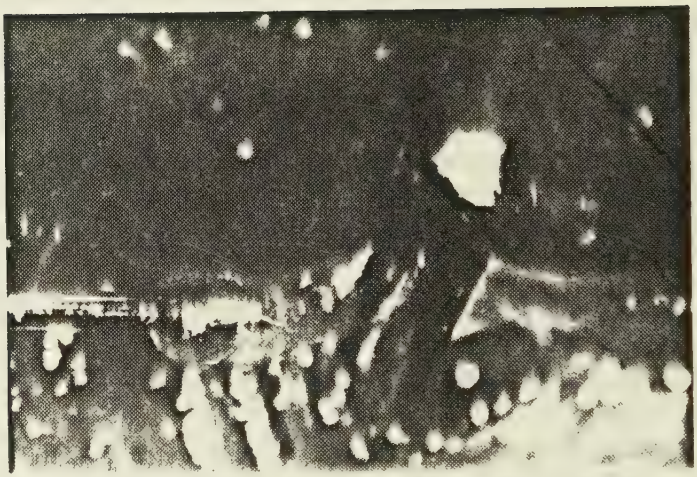

Abb. 1: Perfusion des angeklemmten Gefäßstumpfes durch eine rundgeschliffene Kanüle.

Nach Durchtrennen der Arterie kam es durch die Eigenelastizität der Media bedingt zu einer Retraktion der Gefäßenden um 4 bis 6 mm (s. Abb. 2). Die entstandene Distanz wurde durch Annäherung der Approximatorbranchen über ein Schneckengewinde ausgeglichen. Bei der Ausführung der Naht wurde auf ein sorgfältiges atraumatisches Vorgehen geachtet, insbesondere wurde ein Fassen der Media oder Intima mit der Mikropinzette vermieden.

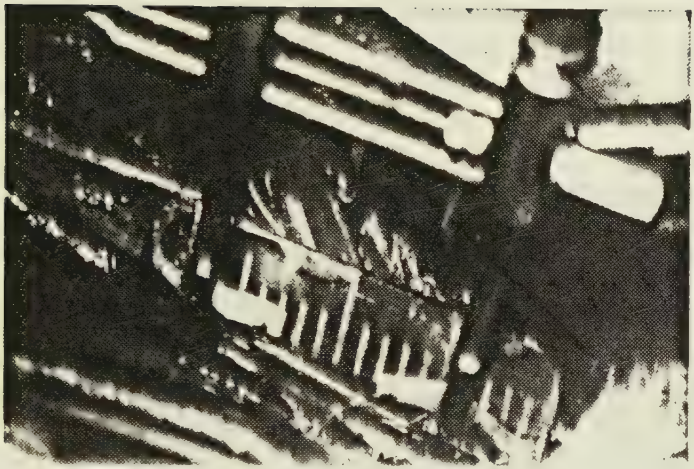

Abb. 2: Retraktion der Gefäßstümpfe nach der Durchtrennung. Die Arteria femoralis ist im Approximator nach Millesi-Piza fixiert.

Als Nahtmaterial wurde monofiler Nylonfaden[1)] der Stärke 10 x 0 (Durchmesser etwa 0,025 mm), armiert mit einer 3/8 Kreis-Rundkörpernadel vom Typ BV 4 (Nadeldurchmesser 0,10 mm) benutzt. Die Anlage der Haltefäden erfolgte nach der von Cobbett 1967 beschriebenen "eccentric biangulation technique". Dabei werden die ersten beiden Nähte an der Vorderwand im Abstand von 120 ° gesetzt, wodurch die Rückwand halbmondförmig nach hinten durchhängt und bei weiteren Nähten nicht mitgefaßt werden kann (s. Abb. 3). Nach

---

1) Ethilon®, Fa. Ethicon, Hamburg

vollständiger Adaptation der Vorderwand wurde der Approximator um 180 ° gedreht und die Rückwand ebenfalls mit Einzelknopfnähten verschlossen. Im Durchschnitt kamen pro Gefäß 11 Nähte zur Anwendung.

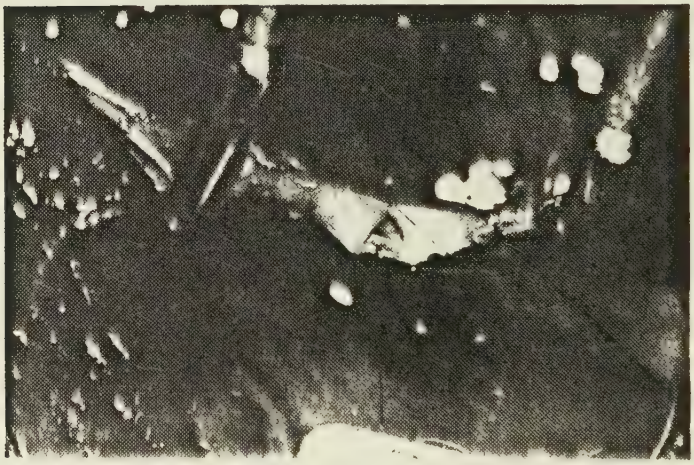

Abb. 3: Rückwand des Gefäßes bei bereits adaptierter Vorderwand. Die Anlage der Haltefäden erfolgte nach der "eccentric biangulation technique".

Nach Zurückdrehung des Approximators in die Ausgangslage und Kürzung der Haltefäden wurde zunächst die distale Klemme geöffnet und die Stärke der Blutaustritte kontrolliert. Durch Öffnen der proximalen Klemme wurde dann der Blutstrom freigegeben. Wenn nötig, wurde die Anastomosenregion mit einem Wattetupfer leicht komprimiert und die Abdichtung durch einen wandständigen Plättchenthrombus abgewartet (Acland 1973).

Die Durchgängigkeit der Anastomose war sofort an Druckpulsationen im distalen Gefäßabschnitt erkennbar (Acland 1972 d). Eine zusätzliche Prüfung der Funktionsfähigkeit erfolgte, indem der Blutstrom distal der Anastomose durch zwei Pinzetten unterbrochen wurde. Der zwischen den Pinzetten befindliche Gefäßabschnitt wurde nach distal ausgestrichen.

Erfolgte eine Auffüllung nach dem Öffnen der anastomosennahen Pinzette, so war dies ein Beweis für die Durchgängigkeit des Gefäßes (Hayhurst 1975).

Nach vollendeter Anastomosierung wurde die Wunde schichtweise verschlossen und die Hautnaht mit Sprühverband geschützt.

Gruppe 2

Die Fixierung der A. femoralis im Approximator mit anschließender Durchtrennung erfolgte wie bereits oben beschrieben.

Um in dieser Gruppe absolut spannungsfreie Nahtverhältnisse zu erzielen, wurden 4 bis 18 mm lange Transplantate mit äquivalentem Durchmesser in die Arterie eingefügt. Dazu wurde die benachbarte Vena femoralis zunächst auf eine entsprechende Länge von umgebendem Bindegewebe befreit, dann erst distal und anschließend proximal ligiert. Das so gewonnene Transplantat wurde mit der geraden Mikroschere herausgetrennt und mit heparinisierter Ringerlösung in Körpertemperatur perfundiert (s. Abb. 4).

Um den Venenklappeneffekt auszugleichen, wurde das proximale Arterienende mit dem distalen Ende des Interponates verbunden und umgekehrt. Dabei kamen jeweils 10 bis 14 Einzelknopfnähte zur Anwendung. Die Naht und die Vorbereitung der

Arterie erfolgten nach der bei Gruppe 1 beschriebenen Methode. Um eine Torsion des Interponates zu vermeiden, wurden zuerst die Haltefäden an beiden Anastomosen angelegt.

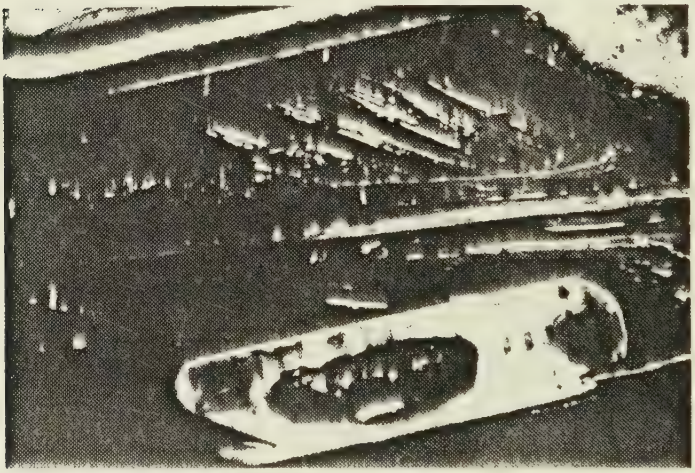

Abb. 4: Herausgetrenntes Veneninterponat. Links im Bild ist das ligierte distale Ende der V. femoralis zu erkennen.

Nach Freigabe der Durchblutung war regelmäßig eine Dilatation des Veneninterponates zu erkennen, die durch den arteriell höheren Blutdruck auf die Venenwand zu erklären ist (s. Abb. 5).

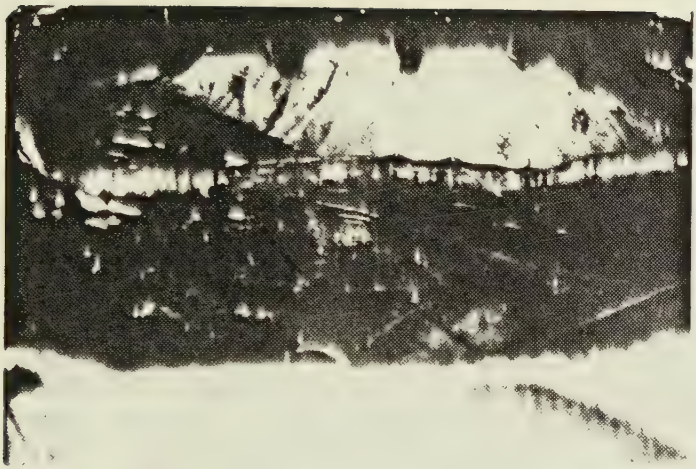

Abb. 5: Aufweitung eines Veneninterponates nach Freigabe des arteriellen Blutstromes.

Bei einem Versuchstier (K 8) kam es dabei zu einem stärkeren Blutverlust durch einen Wanddefekt im Veneninterponat, der mit zwei Einzelknopfnähten verschlossen werden mußte (s. Abb. 6). Die übrigen Veneninterpositionen verliefen komplikationslos, insbesondere wurden auch bei den relativ langen Interponaten (über 10 mm) Abknickungen nicht beobachtet.

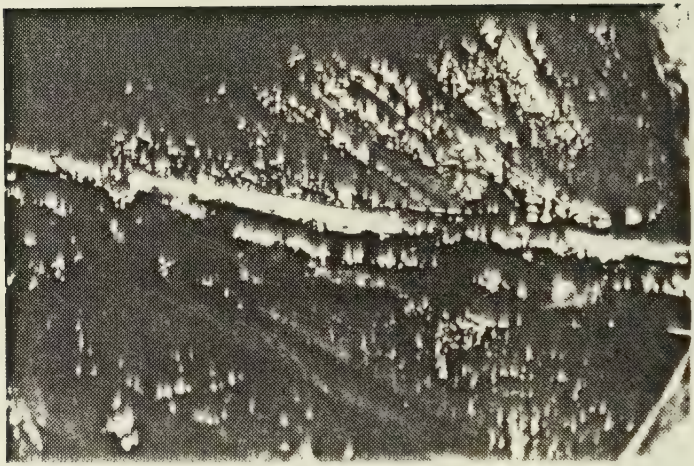

Abb. 6: Wanddefekt im Veneninterponat (K 8). Anhaltende Blutaustritte erforderten den Verschluß mit zwei Einzelknopfnähten.

Gruppe 3

Im Unterschied zu Gruppe 1 wurde bei den Tieren der dritten Gruppe die A. femoralis nach der Durchtrennung noch zusätzlich um durchschnittlich 2 mm reseziert. Die Anastomosierung erfolgte somit unter beträchtlicher Spannung, die ein maximales Anziehen der Approximatorklemmen erforderte, um ein Herausgleiten der Gefäßstümpfe zu vermeiden.

Die Adaptation der Gefäßenden wurde subjektiv etwas schwieriger empfunden und erforderte einen geringfügig höheren Zeitaufwand als die einfachen End-zu-End-Anastomosierungen der Gruppe 1. Es kamen durchschnittlich 13 Einzelknopfnähte

zur Anwendung (s. Abb. 7). Beim Knoten wurde sorgfältig auf ein nicht zu festes Anziehen des Fadens geachtet, um Risse in der Gefäßwand und Medianekrosen zu vermeiden (O'Brien 1977).

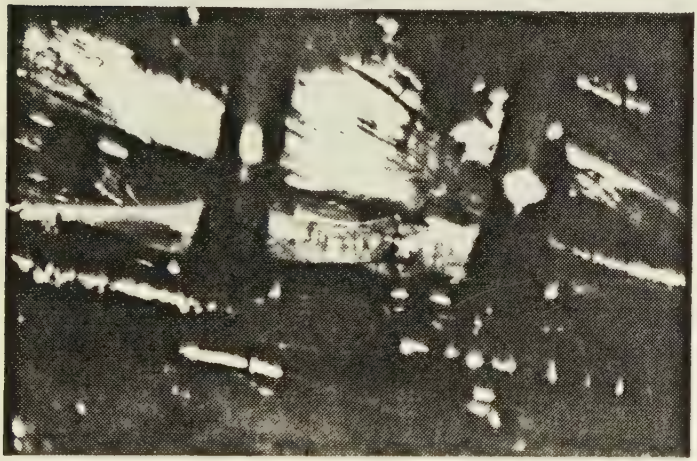

Abb. 7: Nach Resektion eines 2-mm-Segmentes anastomosierte Vorderwand der A. femoralis, die Rückwand ist noch nicht verschlossen.

Nach Entfernung des Approximators war eine deutliche Dilatation des Gefäßes im proximalen und distalen Klemmenbereich erkennbar, die Kontraktionsfähigkeit war an diesen Stellen unterbrochen. Hierbei scheint es sich um eine Schädigung der elastisch-muskulären Gefäßwandanteile durch den relativ starken Druck der Approximator-Klemmen zu handeln (s. Abb. 8).

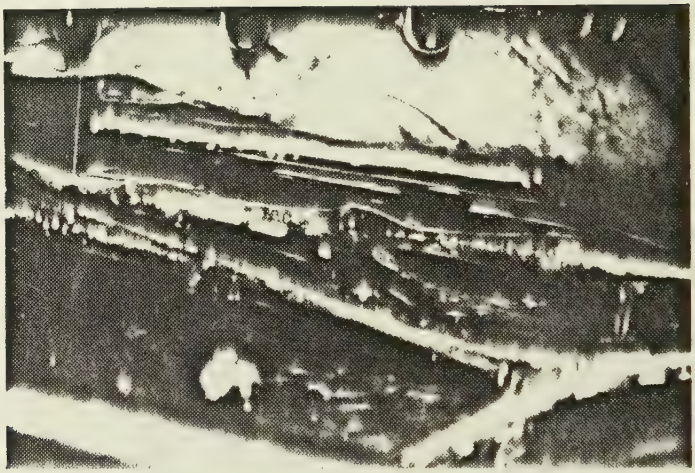

Abb. 8: Spindelförmige Dilatation der A. femoralis nach Abnahme des Approximators.

3.4 Entnahme der Präparate

Zur Entnahme der Präparate wurde das Tier wie oben beschrieben narkotisiert und vorbereitet. Zusätzlich wurde die Bauchregion großzügig enthaart.

Die Überprüfung der Durchgängigkeit der Gefäße erfolgte in den einzelnen Gruppen frühestens 4 Tage und spätestens 8 Wochen nach der Operation. Als kritische Zeit für eine Thrombenbildung werden die ersten drei postoperativen Tage angesehen (Overton 1970, Hayhurst 1975, Harashina 1976). Wird ein Gefäß während dieser Zeit gut durchblutet, so besteht eine günstige Prognose für ein langfristiges Offenbleiben (s. Abb. 9).

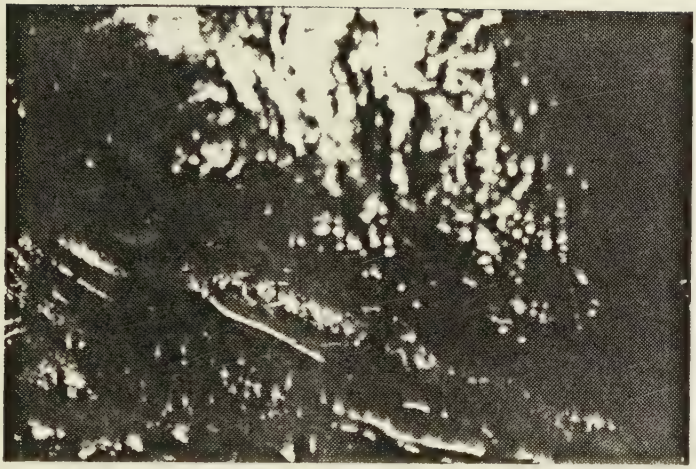

Abb. 9: Anastomose bei Verkürzung (Gruppe 3), Ansicht bei Entnahme 4 Tage p.o.; spindelförmige Dilatation noch erkennbar.

Zur Gewinnung der Präparate wurde eine Perfusionsfixierung in situ unter arteriellem Mitteldruck (80 mm Hg) durchgeführt (Knoche 1979).

Dazu wurde zunächst die operierte A. femoralis aufgesucht. Die Freipräparation des Gefäßes gestaltete sich insbesondere bei den älteren Präparaten relativ schwierig, da ausgedehnte Reparationsvorgänge stattgefunden hatten und die Anastomosenregion zum Teil von reichlich vaskularisiertem Bindegewebe überkleidet war.

Anschließend wurde durch Medianschnitt der Bauchraum eröffnet und die Aorta distal der Nierenarterienabgänge aufgesucht. Nach Anschlingung und Eröffnung des Gefäßes erfolgte die Einbringung eines dünnen Kunststoffkatheters. Nach Fixieren des Katheters wurde das Tier durch eine Überdosis Trapanal® getötet. Über den liegenden Aortenkatheter wurde 5 Minuten lang mit körperwarmer physiologischer NaCl-Lösung gespült, danach wurde das genähte Gefäß für 15 Minuten mit neutralisierter 10%iger Formalinlösung perfundiert.

Das etwa 1 cm proximal und distal der Anastomose(n) entnommene Gefäßsegment wurde in vitro weiter mit 10%iger Formalinlösung fixiert. Nach üblicher histologischer Einbettung wurden 5 µ dicke Paraffinschnitte angefertigt.

Als Färbungen kamen HE, Eisen und Elastika-Masson-Goldner (EMG) zur Anwendung.

4 ERGEBNISSE

4.1 Makroskopische Befunde

Makroskopisch, d. h. bei 4- bis 20facher Vergrößerung unter dem Operationsmikroskop, war bei zwei Veneninterponaten aus der Gruppe 2 eine Thrombosierung erkennbar. Alle anderen Gefäße erschienen durchgängig.

4.2 Mikroskopische Befunde

Gruppe 1: End-zu-End-Anastomosen (siehe Tabelle 1)

Alle Präparate waren mikroskopisch sicher durchgängig.

Im Fadenbereich war eine mäßig ausgeprägte Fremdkörperreaktion mit Makrophagen und mehrkernigen Riesenzellen erkennbar. Zwei Wochen nach der Operation war die Anastomose vollständig mit einer endothelartigen Schicht überkleidet. Bei dem nach 5 Wochen entnommenen Präparat war eine subintimale Fibrose besonders im Bereich der Nahtregion deutlich sichtbar.

Tab. 1: End-zu-End-Anastomosen

Tier	Retraktion	Einzelknopfnähte	Auswertung	Beurteilung
K 21	6 mm	10	4 Tagen	durchgängig
K 6	5 mm	10	1 Woche	durchgängig
K 23	4,5 mm	11	1 Woche	durchgängig
K 5	4 mm	9	2 Wochen	durchgängig
K 26	5 mm	11	2 Wochen	durchgängig
K 2	6 mm	12	3 Wochen	durchgängig
K 29	5,5 mm	10	3 Wochen	durchgängig
K 12	6 mm	12	4 Wochen	durchgängig
K 16	4 mm	12	4 Wochen	durchgängig
K 1	4,5 mm	10	5 Wochen	durchgängig

Gruppe 2: Veneninterponate (siehe Tabelle 2)

Mikroskopisch war auch eines der thrombosiert erscheinenden Präparate geringfügig durchgängig. Doch war hier eine subtotale Obturation durch rezidivierende Thromben und beginnende Organisation im Veneninterponat sichtbar.

Die Frühpräparate (4 Tage post op.) zeigten an den Anastomosen eine deutliche Einengung des Gefäßlumens, an einer Anastomose bestand ein kleines perimurales Hämatom (s. Abb. 10). Zusätzlich lag eine mäßige, nichteitrige Entzündung in der venösen Adventitia vor.

Nach 5 Wochen war das Nahtmaterial stabil eingeheilt, das Interponat war durch Phlebosklerose verdickt, die Organisation anhaftender Thromben war vollständig erfolgt.

Ein als Arterialisation imponierender Umbau war bei dem 8 Wochen nach der Operation entnommenen Präparat nicht erkennbar.

Abb. 10: Veneninterponat 4 Tage post op., Anastomosenbereich längs aufgeschnitten (Faden dabei geringfügig disloziert). Gefäßlichtung eingeengt, perimurales Hämatom an der Anastomose. HE-Färbung, Vergrößerung 40fach.

Tab. 2: Veneninterponate (Gruppe 2)

Tier	Retraktion	Länge des Interponates	Einzelknopfnähte dist./prox.	Auswertung nach	Beteilung
K 14	4 mm	18 mm	14/14	4 Tagen	durchgängig
K 27	5 mm	10 mm	12/12	4 Tagen	durchgängig
K 4	5 mm	6 mm	10/10	1 Woche	durchgängig
K 30	4,5 mm	14 mm	12/12	2 Wochen	durchgängig
K 20	6 mm	6 mm	11/13	3 Wochen	thrombosiert
K 19	6 mm	8 mm	10/10	4 Wochen	durchgängig
K 24	4 mm	4 mm	10/11	4 Wochen	durchgängig
K 9	5,5 mm	17 mm	12/12	5 Wochen	durchgängig
K 8	4 mm	16 mm	11/11	7 Wochen	thrombosiert
K 7	6 mm	9 mm	10/13	8 Wochen	durchgängig

Gruppe 3: End-zu-End-Anastomosen bei Verkürzung (s. Tab. 3)

Alle Gefäße waren durchgängig.

Die Frühpräparate 4 Tage post op. zeigten das Fehlen der Endothelschicht und eine Destruktion der Media an der Anastomose. In der Adventitia hatte eine Bindegewebsproliferation bereits begonnen (s. Abb. 11).

Eine Woche nach dem Eingriff war die Endothelialisierung noch nicht abgeschlossen, ein sehr schmaler parietaler Thrombus befand sich in Organisation.

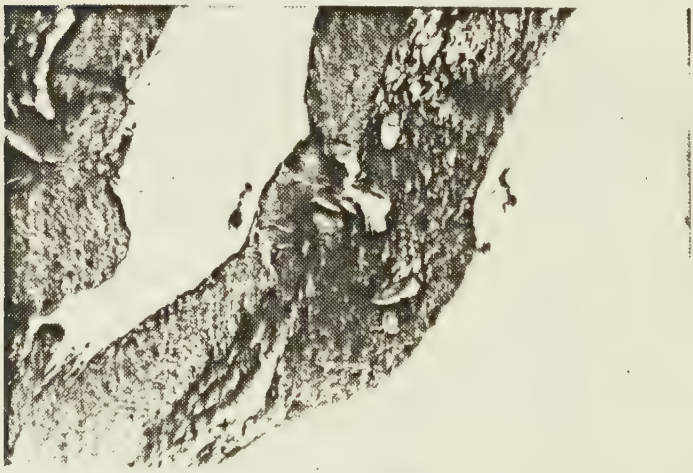

Abb. 11: Anastomose bei Verkürzung 4 Tage post op., Nahtbereich noch nicht endothelialisiert, kleine Spaltbildung, beginnende Bindegewebsproliferation in der Adventitia. EMG-Färbung, Vergrößerung 100fach.

Parietale Thromben waren noch 3 Wochen nach der Operation erkennbar, die Durchgängigkeit des Gefäßes wurde dadurch jedoch nicht beeinträchtigt.

Nach 4 Wochen erschien die Gefäßwand durch subintimale Hyperplasie deutlich verdickt, das Nahtmaterial war stabil eingeheilt (s. Abb. 12).

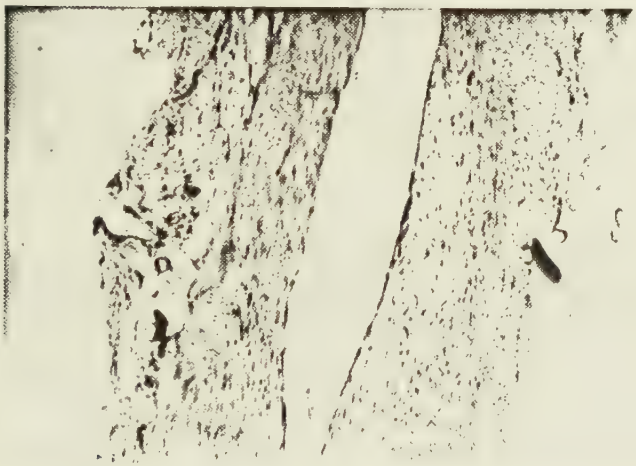

Abb. 12: Anastomose bei Verkürzung 4 Wochen post op., keine Änderung der Lichtungsweite, stabil eingeheiltes Nahtmaterial. HE-Färbung, Vergrößerung 100fach.

Tab. 3: End-zu-End-Anastomosen bei Verkürzung (Gruppe 3)

Tier	Retraktion	Verkürzung	Einzelknopfnähte	Auswertung nach	Beteilung
K 14	6 mm	2 mm	14	4 Tagen	durchgängig
K 22	5,5 mm	2 mm	12	4 Tagen	durchgängig
K 13	6 mm	2,5 mm	13	1 Woche	durchgängig
K 17	6 mm	2 mm	12	1 Woche	durchgängig
K 3	4 mm	1,5 mm	12	2 Wochen	durchgängig
K 18	4 mm	2 mm	14	2 Wochen	durchgängig
K 10	6 mm	2 mm	13	3 Wochen	durchgängig
K 25	4,5 mm	1,5 mm	13	3 Wochen	durchgängig
K 28	4 mm	2 mm	12	3 Wochen	durchgängig
K 11	4,5 mm	2 mm	13	4 Wochen	durchgängig

Die makroskopischen und histologischen Befunde der hier durchgeführten Versuchsserie entsprechen im wesentlichen den bereits in der Literatur beschriebenen Ergebnissen.

Die Anastomosenregion zeigt als Frühbefund einen Verlust des Endotheliums sowie durch das Nahtmaterial hervorgerufene Mediadestruktionen (O'Brien 1977). Als Ausdruck einer Fremdkörperreaktion auf den nur 0,025 mm dicken Nylonfaden ist die Bildung von Fadengranulomen aus Makrophagen und Riesenzellen zu werten.

Die Reendothelialisierung der Anastomose ist nach zwei Wochen abgeschlossen (Harashina 1976, Rao 1983). Die Reparationsvorgänge manifestieren sich als subintimale Hyperplasie (Baxter 1972). Die Durchgängigkeit des Gefäßes wird dadurch jedoch nicht beeinflußt.

Im Bereich der Adventitia kommt es besonders bei Venen gelegentlich zu Entzündungsreaktionen, die nach zwei Wochen besonders ausgeprägt sind (Lidman 1981). In den Veneninterponaten ist eine starke Verdickung der Gefäßwand zu verzeichnen, die auf einer subendothelialen Vermehrung von kollagenen und elastischen Fasern beruht. Biemer fand 1981 in einer Langzeitstudie von Veneninterponaten eine bis zu 10fache Verdickung der Gefäßwand 8 Wochen nach der Implantation. Rasterelektronenmikroskopisch war 1983 von Rao die Faltenbildung in den anastomosennahen Bezirken eines Veneninterponates als beginnende Arterialisation interpretiert worden. Dieser Befund kann hier nicht bestätigt werden.

Die von Lidman 1981 gefundene persistierende Gefäßdilatation im Anastomosenbereich als Folge der Medianekrose trat bei den vorliegenden Gefäßen nicht auf.

Bei der Entnahme waren die operierten Gefäße von reichlich vaskularisiertem Bindegewebe überkleidet. Das Vorhandensein eines dichten Gefäßnetzes wurde auch von van Gelder 1979 in einer elektronenmikroskopischen Untersuchung beobachtet.

5 DISKUSSION

Ziel der vorgelegten Arbeit war es zu untersuchen, inwieweit die Spannungszustände des Gefäßes an der mikrochirurgischen Gefäßnaht unterschiedliche Operationsergebnisse hervorbringen.

Dabei wurde die Arteria femoralis bei 30 Kaninchen nach vorheriger Durchtrennung mit verschiedenen mikrochirurgischen Techniken reanastomosiert.

In der Gruppe 1 wurden End-zu-End-Anastomosen durchgeführt, in Gruppe 2 zur Vermeidung jeglicher Spannung Veneninterponate aus der Vena femoralis eingebracht. In Gruppe 3 erfolgte eine End-zu-End-Arteriennaht nach Kürzung des Gefäßes um 2 mm, um experimentell eine Nahtausführung unter Spannung zu erzwingen.

Die primären End-zu-End-Anastomosen ohne Spannung (Gruppe 1) wiesen eine Durchgängigkeitsrate von 100 % auf, so daß gefolgert werden kann, daß die Gefäßnähte in allen Fällen exakt durchgeführt wurden. In der Gruppe 3 (Gefäßnaht unter Spannung) kam es ebenfalls zu einer Durchgängigkeitsrate von 100 %. Dieses überraschend gute Operationsergebnis ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen:

1. Die stammnahen Arterien weisen ein günstigeres Elastizitätsmodul als die peripheren Endarterien auf als Folge ihres spezifischen anatomischen Aufbaus.

2. Die Verwendung eines Gefäßadapters ermöglicht es, geringgradige Spannungsunterschiede auszugleichen.

Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß ein erhöhter Gefäßklemmendruck erforderlich war, um die Adaptation der in der Gruppe 3 genähten Gefäße zu ermöglichen.

Andererseits weisen diese Ergebnisse darauf hin, daß die Resektion der Gefäßenden bei erheblicher Traumatisierung der Gefäßstümpfe eine vertretbare Methode darstellt. Zweifelsfrei ist eine kurzstreckige Intimaverletzung der Arterie prognostisch ungünstiger als eine unter geringer Spannung eingebrachte Gefäßnaht. In der vorliegenden Arbeit zeigt sich, daß durch eine Resektion der Gefäße um ca. 2 mm die Retraktion der Arterie insgesamt nicht wesentlich ausgeprägter ist. Bei der klinischen Anwendung läßt sich die Retraktionsstrecke durch weites Präparieren der Gefäßenden darüber hinaus verringern.

Auffällig war weiterhin in dieser Gruppe, daß nach Abnahme des Approximators die Arterien im Bereich der Klemmstellen eine Dilatation aufwiesen, die auch bei der Entnahme der Präparate nach 4 Tagen noch nachweisbar war. Hierbei handelte es sich um eine Schädigung der elastisch-muskulären Bestandteile der Gefäßwand. Die gleichzeitige Quetschung der Intima führt zum Freiliegen tieferer Gefäßschichten und bedingt dadurch ein erhöhtes Thromboserisiko (Acland 1973, Thurston 1976, Winter 1982), die aber bei den tierexperimentellen Untersuchungen nicht zum Verschluß der Gefäße führte. Inwieweit diese Ergebnisse in die Humanmedizin übertragbar sind, bleibt jedoch fraglich.

Die in der Mikrochirurgie übliche Technik: Mobilisation der Gefäßstümpfe, Adaptation mit einem Mikroadapter und Legen eines 10 x 0 Haltefadens, der spannungsfrei geknüpft werden sollte, ohne daß die Gefäßwände ausreißen, wird durch diese

Arbeit nicht widerlegt. Gelingt es nicht, den ersten Faden mühelos zu legen, sollte auf ein Veneninterponat ausgewichen werden. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, daß die Digitalarterien bei annähernd gleichem Durchmesser wie die Arteria femoralis des Kaninchens weitaus verletzlicher sind als die Tiergefäße. Darüber hinaus ist festzustellen, daß die Durchführung einer Gefäßnaht unter Spannung vergleichsweise operationstechnisch schwieriger und nur geringfügig zeitsparender ist als der Einsatz eines Veneninterponates zur Überbrückung einer Gefäßdistanz.

Die in der Gruppe 2 durchgeführten Veneninterpositionen erbrachten in dieser Arbeit die schlechtesten Ergebnisse, in 2 Fällen ließ sich eine Thrombosierung des Gefäßes nachweisen, womit die Durchgängigkeitsrate lediglich 80 % erreicht. Hierbei ließ sich die Länge des Transplantates in keinen ursächlichen Zusammenhang stellen zur Thrombosierungsrate, was auch frühere Untersuchungen bestätigen (Fujikawa 1975, Biemer 1981). Trotzdem werden Veneninterponate heute allgemein zur Überbrückung fehlender Gefäßstrecken, z. B. bei der Replantation amputierter Extremitätenanteile oder bei freien Lappentransplantationen empfohlen. Auch wenn mittlerweile bekannt ist, daß die Venenwand in ihren muskulären Anteilen hypertrophiert, also bis zu einem gewissen Grad eine "Umwandlung" in eine Pseudoarterie stattfindet, sind doch in zahlreichen Arbeiten die ungünstigen Strömungsverhältnisse in der Vene, die häufig zu Wirbelbildungen des Blutstroms führen und damit zu Thrombosen neigen, anerkannt. So sind auch frühe Revisionen nach Replantationen unter Verwendung von Veneninterponaten häufiger, da oftmals in den ersten fünf postoperativen Tagen Thrombosierungen in der Vene entstehen können. Trotzdem ist dem Veneninterponat allen anderen Techniken gegenüber der Vorzug zu geben, da oftmals Kürzungen

der Extremitäten zu kosmetisch ungünstigen Ergebnissen führen, Sehnenzüge in ihrer Biomechanik durch Kürzungen gestört werden, der Spitzgriff zum Beispiel nach Replantation des Daumens verkleinert wird, usw.

Zur Gewährleistung optimaler Strömungsverhältnisse muß beim Veneninterponat besonders kritisch der Durchmesser der Vene geprüft werden. Günstige Ergebnisse können dann erwartet werden, wenn das Lumen der Vene etwas kleiner ist als das der Arterie, da der erhöhte arterielle Druck im Veneninterponat dann einen geringen Kalibersprung zwischen Arterie und Vene hervorruft. Besonders entscheidend ist die korrekte Adaptation der Gefäßenden unter Verwendung mikrochirurgischer Nahttechniken und starker Vergrößerungen unter dem Operationsmikroskop. Eine sorgfältige atraumatische Nahttechnik ist selbstverständlich von vorrangiger Bedeutung.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Zur Untersuchung der Auswirkungen des Spannungszustandes des Gefäßes auf die Strömungsverhältnisse an mikrochirurgischen Gefäßnähten wurden bei 30 Kaninchen vergleichende Operationsmethoden an der Arteria femoralis mit einem Durchmesser von 0,9 mm vorgenommen.

In Gruppe 1 wurde eine End-zu-End-Anastomose unter spannungsfreien Bedingungen vorgenommen, in Gruppe 2 ein Veneninterponat aus der benachbarten Vena femoralis eingefügt und bei den Tieren der Gruppe 3 vor Adaptation ein Arterienabschnitt von 2 mm reseziert, um so eine Nahtausführung unter geringer Spannung zu gewährleisten.

Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß an der Arteria femoralis des Kaninchens eine Gefäßnaht prinzipiell spannungsfrei als auch unter geringer Spannung ausgeführt werden kann, ohne daß daraus eine vermehrte Thrombosebereitschaft abgeleitet werden muß. Daraus kann gefolgert werden, daß die sparsame Resektion der Gefäßstümpfe nach Traumatisierung, z. B. der Intima, in der Replantationschirurgie zulässig ist. Bei den unter Spannung durchgeführten Arteriennähten zeigte sich, daß die Operationszeiten verlängert waren, sowie daß mehr Nahtmaterial (im Schnitt zwei Nähte) gegenüber den spannungsfreien Anastomosen eingebracht werden mußte. In den tierexperimentellen Untersuchungen haben sich dadurch keine Verschiebungen der Endergebnisse ergeben. In der humanmedizinischen Anwendung stellen diese Probleme jedoch erhöhte Risikofaktoren dar.

Die in Gruppe 2 eingebrachten Veneninterponate führten zweimal zu Thrombosierungen des Gefäßes, stellen also in dieser Versuchsanordnung die ungünstigste Verlaufsgruppe dar. Diese Ergebnisse entsprechen der klinischen Wirklichkeit, da Replantationen, die unter Verwendung von Veneninterponaten stattfinden, häufiger Revisionseingriffe erfordern. Trotzdem ist das Veneninterponat oftmals günstiger als eine Kürzung der Extremität, da Funktionsdefekte durch Längenverlust, z. B. des Daumens, kosmetische Verschlechterungen sowie ungünstige Beeinflussungen der Biomechanik (Veränderung der Sehnenzüge etc.) verhindert werden können. Allerdings ist bei der Interposition von Veneninterponaten eine erhöhte Kenntnis der atraumatischen Nahtbedingungen und eine besondere Sorgfalt der exakten Adaptation der Gefäße erforderlich.

7 LITERATURVERZEICHNIS

AAOS The American Academy of Orthopaedic Surgeons
Instructional Course Lectures, Vol. XXVII
The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1978

AAOS The American Academy of Orthopaedic Surgeons
Symposium on Microsurgery
The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1979

Acland, R.:
Prevention of thrombosis in microvascular surgery by the use of magnesium sulphate.
Br. J. Plast. Surg. 25: 292, 1972 a

Acland, R.:
New instruments for microvascular surgery.
Br. J. Plast. Surg. 59: 181, 1972 b

Acland, R.:
A new needle for microvascular surgery.
Surgery 71: 130, 1972 c

Acland, R.:
Signs of patency in small vessel anastomosis.
Surgery 72: 744, 1972 d

Acland, R.:
Thrombus formation in microvascular surgery: An experimental study of the effects of surgical trauma.
Surgery 73: 766, 1973

Acland, R.:
Microvascular anastomosis: a device for holding stay sutures and a new vascular clamp.
Surgery 75: 185, 1974

Acland, R.:
The free iliac flap.
Plast. Reconstr. Surg. 64: 30, 1979

Antia, N.H., Buch, V.I.:
Transfer of an abdominal derma-fat graft by direct anastomosis of blood vessels.
Br. J. Plast. Surg. 24: 15, 1971

Ballinger, F., Fineberg, C., Figlio, D.:
Repair of small blood vessels with minimal interruption of flow.
J. Surg. Res. 3: 475, 1963

Baudet, J., LeMaire, J.M., Guimberteau, J.C.:
Ten free groin flaps.
Plast. Reconstr. Surg. 57: 577, 1976 a

Baudet, J., Guimberteau, J.C., Nascimento, E.:
Successful clinical transfer of two free thoraco-dorsal axillary flaps.
Plast. Reconstr. Surg. 58: 680, 1976 b

Baxter, T.J., O'Brien, B.McC., Henderson, P.N., Bennet, P.C.:
The histopathology of small vessels following micro-vascular repair.
Br. J. Plast. Surg. 59: 617, 1972

Biemer, E., Duspiva, W.:
Free microvascular transfer of a groin flap to the skull following scalp avulsion.
Chir. Plast. (Berl.) 3: 277, 1976 a

Biemer, E., Duspiva, W.:
Erfolgreiche Replantation eines völlig abgetrennten Daumens.
Münch. Med. Wschr. 118: 711, 1976 b

Biemer, E.:
Replantation von Fingern und Extremitätenanteilen. Technik und Ergebnisse.
Chirurgie 48: 353, 1977 a

Biemer, E.:
Vein grafts in microvascular surgery.
Br. J. Plast. Surg. 30: 197, 1977 b

Biemer, E., Duspiva, W., Hemdl, E., Stock, W., Ramatschi, P.:
Replantation an der oberen Extremität durch mikrovaskuläre Anastomosen.
Chir. Praxis 22: 281, 1977 c

Biemer, E., Duspiva, W.:
Rekonstruktive Mikrogefäßchirurgie.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1980

Biemer, E., Holzmann, T., Wriedt-Lübbe, I., Kramann, B., Blümel, G.:
Autologe Veneninterponate als Arterienersatz in der Mikrogefäßchirurgie.
Handchirurgie 13 (1-2): 108, 1981

Buck, R.C.:
Intimal thickening after ligature of arteries. An electron-microscopic study.
Circ. Res. 9: 418, 1961

Buncke, H.J., Schulz, W.P.:
Experimental digital amputation and reimplantation.
Plast. Reconstr. Surg. 36: 62, 1965

Buncke, H.J., Schulz, W.P.:
Total ear replantation in the rabbit utilizing micro miniature vascular anastomoses.
Br. J. Plast. Surg. 19: 15, 1966 a

Buncke, H.J., Buncke, C.M., Schulz, W.P.:
Immediate Nicoladoni procedure in the rhesus monkey, or hallux-to-hand-transplantation, utilizing microminiature vascular anastomosis.
Br. J. Plast. Surg. 19: 332, 1966 b

Buncke, H.J., Daniller, I.A., Schulz, W.P., Chase, A.R.:
The fate or autogenous whole joints transplanted by microvascular anastomosis.
Plast. Reconstr. Surg. 39: 33, 1967

Buncke, H.J., McLean, D.H.:
The advantage of a straight needle in microsurgery.
Plast. Reconstr. Surg. 47: 602, 1971

Buncke, H.J., McLean, D.H., George, P.T., Greech, B.J., Chater, N.L., Commons, G.W.:
Thumb replacement: great toe transplantation by micro-vascular anastomoses.
Br. J. Plast. Surg. 26: 194, 1973

Carrel, A.:
La technique opératoire des anastomoses vasculaires et la transplantation des viscères.
Med. Lyon. 98: 859, 1902

Chase, M.D., Schwartz, S.I.:
Suture anastomosis of small arteries.
Surg. Gynec. Obstet. 117: 44, 1963

Cobbett, J.R.:
Microvascular surgery.
Surg. Clin. North Amer. 47: 521, 1967 a

Cobbett, J.R.:
Small vessel anastomosis - a comparison of suture techniques.
Br. J. Plast. Surg. 20: 16, 1967 b

Cobbett, J.R.:
Free digital transfer; report of a case of transfer of a great toe to replace an amputated thumb.
J. Bone Joint Surg. 513: 677, 1969

Daniel, R.K., Williams, B.C.:
The free transfer of skin flaps by microvascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 16, 1973 a

Daniel, R.K., Taylor, G.I.:
Distant transfer of an island flap by microvascular anastomosis.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 111, 1973 b

Daniel, R.K., Cunningham, D.M., Taylor, G.I.:
The deltopectoral flap; an anatomical and hemodynamic approach.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 275, 1975

Daniel, R.K., Terzis, J.K.:
Reconstructive Microsurgery.
Little, Brown & Co., Boston, 1977

Duspiva, W., Biemer, E.:
Technik der Mikrogefäßchirurgie.
Med. Welt 27: 852, 1976

Duspiva, W., Ippisch, A., Wriedt-Lübbe, I., Blümel, G.:
Mikrochirurgische Nerven- und Gefäßnähte mit resorbierbarem Nahtmaterial.
Zbl. Chirurgie 107: 392, 1982

Fonkalsrud, E.W., Sanchez, M., Zerubavel, R., Lassaletta L., Smeesters, E., Mahoney, A.:
Arterial endothelial changes after ischemia and perfusion.
Surg. Gyn. Obstet. 142: 715, 1976

Frey, M., Holle, J., Mandl, H., Freilinger, G.:
Operative Besonderheiten in der Replantationschirurgie.
Handchirurgie 13 (1-2): 126, 1981

Fuchs, C.A.J., Hagen, P.-O.:
Long-term fate of autologous vein grafts.
In: D. Serafin, H.J. Buncke (eds.): Microsurgical composite tissue transplantation.
The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1979, 90-110

Fujikawa, S., O'Brien, B.McC.:
An experimental evaluation of microvenous grafts.
Br. J. Plast. Surg. 28: 244, 1975

Fujino, T., Aoyagi, F.:
A method of successive interrupted suturing in microvascular anastomosis.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 240, 1975 a

Fujino, T., Tanino, R., Sugimoto, C.:
Microvascular transfer of free deltopectoral dermal-fat flap.
Plast. Reconstr. Surg. 65: 428, 1975 b

Van Gelder, P.A., Klopper, P.J.:
Healing of microvascular arterial anastomoses as seen on corrosion casts by scanning electron microscopy.
Plast. Reconstr. Surg. 64: 59, 1979

Van Gelder, P.A., Klopper, P.J.:
Microvascular surgery and diseased vessels.
Surgery 90 (5): 860, 1981

Ghani, A.R., Tibbs, D.J.:
Role of blood borne cells in organisation of mural thrombi.
Br. Med. J. 1: 1244, 1962

Harashina, T., Fujino, T., Watanabe, S.:
The intimal healing of microvascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 58: 608, 1976

Harashina, T., Nakajima, T., Yoshimura, Y.:
A free groin flap reconstruction in progressive facial hemiatrophy.
Br. J. Plast. Surg. 30: 14, 1977

Harii, K., Ohmori, K., Ohmori, S.:
Free deltopectoral skin flap.
Br. J. Plast. Surg. 27: 231, 1974 a

Harii, K., Ohmori, K., Ohmori, S.:
Successful clinical transfer of ten free flaps by microvascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 63: 259, 1974 b

Harii, K., Ohmori, K., Torii, S., Murakami, F., Kasai, Y., Schiguchi, J., Ohmori, S.:
Free groin flaps.
Br. J. Plast. Surg. 28: 225, 1975 a

Harii, K., Ohmori, K.:
Free groin flaps in children.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 588, 1975 b

Hayhurst, J.W., O'Brien, B.McC., Ishida, H., Baxter, T.J.:
Experimental digital replantation after prolonged cooling.
Hand 6: 134, 1974

Hayhurst, J.W., O'Brien, B.McC.:
An experimental study of microvascular technique, patency rates and related factors.
Br. J. Plast. Surg. 28: 128, 1975

Hedberg, S.E.:
Suture anastomosis of small vessels following the relief of spasm by hydrostatic pressure dilatation.
Ann. Surg. 155: 51, 1962

Henderson, P.N., O'Brien, B.McC., Parel, J.M.:
An adjustable double microvascular clamp.
Med. J. Aus. 4: 715, 1970 a

Henderson, P.N., Pericic, L., O'Brien, B.McC.:
Mobile arm rests.
Med. J. Aust. 4: 720, 1970 b

Holt, G.P., Lewis, F.J.:
A new technique for end-to-end-anastomosis of small arteries.
Surg. Forum 11: 242, 1960

Hubbard, L.F., Herndon, J.H.:
Microsurgery in orthopedics.
Surg. Clin. North Amer. 63 (3): 737, 1983

Ikuta, Y.:
Autotransplant of omentum to cover large denudation of the scalp.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 490, 1975

Jacobson, J.H., Suarez, E.L.:
Microsurgery in anastomosis of small vessels.
Surg. Forum 11: 243, 1960

Jacobson, J.H., Suarez, E.L.:
Microsurgery - Application to organ transplantation.
Trans. Am. Soc. Artif. Int. Organs 7: 301, 1961

Jacobson, J.H., Katsumura, T.:
Small vein reconstruction.
J. Cardiovasc. Surg. 6: 157, 1965

Kaletsch, B., Rehm, K.E., Stambolis, C.:
Gewebsreaktion bei Mikrogefäßanastomosen. Vergleichende Untersuchung resorbierbaren und nicht resorbierbaren Nahtmaterials.
Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 14 (2): 99, 1982

Kaplan, E.N., Buncke, H.J., Murray, D.E.:
Distant transfer of cutaneous island flaps in humans by microvascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 301, 1973

Knoche, H.:
Leitfaden der histologischen Technik.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1979

Komatsu, S., Tamai, S.:
Successful replantation of a completely cut-off thumb. Case report.
Plast. Reconstr. Surg. 42: 374, 1968

Krizek, T.J., Tani, R., Desprez, J.D., Kiehn, C.L.:
Experimental transplantation of composite grafts by microsurgical vascular techniques.
Plast. Reconstr. Surg. 36: 538, 1965

Lee, B.Y., et al.:
Comparison of continuous and interrupted suture techniques in microvascular anastomosis.
Surg. Gynecol. Obstet. 155 (3): 353, 1982

Lendvay, P.G.:
Anastomoses of digital vessels.
Med. J. Aust. 2: 723, 1968

Lendvay, P.G., Owen, E.R.:
Microvascular repair of completely severed digit: fate of digital vessels after six months.
Med. J. Aust. 2: 818, 1970

Lendvay, P.G.:
Replacement of the amputated digit.
Br. J. Plast. Surg. 26: 398, 1973

Lidman, D., Daniel, R.K.:
The normal healing process of microvascular anastomoses.
Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 15 (2): 103, 1981

Lumley, J.S.:
Microsurgery: renewed sensation.
J. R. Soc. Med. 74 (10): 715, 1981

Man, B., Kohn, Z.:
Experiments on the anastomoses of small vessels.
J. Cardiovasc. Surg. 3: 195, 1962

Matras, H., Chiari, F., Kletter, G., Dinges, H.P.:
Zur Klebung von Mikrogefäßanastomosen.
In: E. Schmid, W. Widmaier, H. Reichert (Hrsg.): Wiederherstellung von Form und Funktion organischer Einheiten der verschiedenen Körperregionen.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1977, 375-361

McCraw, J.B., Furlow, L.T.:
The dorsalis pedis arterialized flap.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 177, 1975

McGregor, I.A., Jackson, I.T.:
The groin flap.
Br. J. Plast. Surg. 25: 3, 1972

McLean, D.H., Buncke, H.J.:
Autotransplant of omentum to a large scalp defect, with microsurgical revascularization.
Plast. Reconstr. Surg. 49: 268, 1972

Mozes, M., Man, B., Agmon, M., Adar, R.:
Small vessel anastomoses.
Surgery 54: 609, 1962

Nakajama, J., Tamiya, T., Yamamoto, K., Akimoto, S.:
A simple new apparatus for small vessel anastomoses (free autograft to the sigmoid included).
Surgery 52: 918, 1962

Nishikawa, M., Yonekawa, Y.:
Microvenous anastomosis.
Chir. Plast. 3: 263, 1976

Nomura, Y.:
The ultrastructure of the pseudo-intima lining synthetic arterial grafts in the canine aorta with special reference to the origin of the endothelial cell.
J. Cardiovasc. Surg. 11: 282, 1970

Nylen, C.O.:
The microscope in aural surgery, its first use and later development.
Acta Otolaryngol. 116: 226, 1954

O'Brien, B.McC., Henderson, P.N., Bennett, R.C., Crock, G.W.:
Microvascular surgical technique.
Med. J. Aus. 1: 722, 1970 a

O'Brien, B.McC., Crock, G.W., Bennett, R.C., Henderson, P.N., Glabraith, J.E.K.:
Experimental and clinical microsurgery.
Med. J. Aust. 1: 708, 1970 b

O'Brien, B.McC., Henderson, P.N., Crock, G.W.:
Metallized microsutures.
Med. J. Aust. 1: 717, 1970 c

O'Brien, B.McC.:
The triploscope - a triple operating microscope.
Plast. Reconstr. Surg. 45: 279, 1970 d

O'Brien, B.McC., Hayhurst, J.W.:
Metallized microsutures and a new microneedle holder.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 673, 1973 a

O'Brien, B.McC.:
A modified triploscope.
Br. J. Plast. Surg. 26: 301, 1973 b

O'Brien, B.McC., McLeod, A.M., Miller, G.D.H., Newing, R.K., Hayhurst, J.W., Morrison, W.A.:
Clinical replantation of digits.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 490, 1973 c

O'Brien, B.McC., Miller, G.D.H., McLeod, A.M., Newing, R.K.:
Saving the amputated digit and hand.
Med. J. Aust. 11: 558, 1973 d

O'Brien, B.McC., Shanmugan, M.:
Experimental transfer of composite free flaps with microvascular anastomoses.
Aust. NZ J. Surg. 43: 285, 1973 e

O'Brien, B.McC., McLeod, A.M., Hayhurst, J.W., Morrison, W.A.:
Successful transfer of a large island flap from the groin to the foot by microvascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 52, 271, 1973 f

O'Brien, B.McC., Morrison, W.A., Ishida, H., McLeod, A.M., Gilbert, A.:
Free flap transfer with microvascular anastomoses.
Br. J. Plast. Surg. 27: 220, 1974

O'Brien, B.McC.:
Microvascular reconstructive surgery.
Churchill Livingstone, Edinburgh, London, New York, 1977

O'Connell, T.X., Sanchez, M., Mowbray, J.F., Fonkalsrud, E.W.:
Effects on arterial intima of saline infusions.
J. Surg. Res. 16: 197, 1974

Östrup, L.T.:
Anastomosis of small veins with suture or Nakayama's apparatus. A comparative study.
Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 10: 9, 1975

Ohmori, K., Harii, K.:
Free dorsalis pedis sensory flap to the hand with microneurovascular anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 58: 708, 1976

Overton, J.H., Owen, E.K.:
The successful replacement of minute arteries.
Surgery 68: 713, 1970

Parel, J.M., Crock, C.W., O'Brien, B.McC., Henderson, P.N., Galbraith, J.E.K.:
Prototypal electro-microsurgical instruments.
Med. J. Aust. 4: 709, 1970

Perrit, R.A.:
Recent advances in corneal surgery.
In: American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, Course No. 280, 1950

Petrovskij, B.V., Wanzjan, E.N., Keylov, W.S., Stepanov, G.A.:
Die rekonstruktive Mikrochirurgie der Gefäße bei traumatischen Amputationen von Hand und Fingern.
Zbl. Chir. 103: 833, 1978

Rao, V.K., Nightingale, G., O'Brien, B.McC.:
Scanning electron microscope study of microvenous grafts to artery.
Plast. Reconstr. Surg. 71 (1): 98, 1983

Rigg, B.M.:
A micro-irrigator.
Plast. Reconstr. Surg. 56: 349, 1975

Robinson, D.W.:
Microsurgical transfer of the dorsalis pedis neurovascular island flap.
Br. J. Plast. Surg. 29: 209, 1976

Salmon, P.A., Assimacopoulos, C.A.:
A pneumatic needle holder suitable for microsurgical procedures.
Surgery 5: 446, 1964

Salmon, P.A.:
A new technique of microsuture for blood vessel anastomosis.
Brit. J. Surg. 55: 58, 1968

Schmidt-Tintemann, U., Biemer, E., Duspiva, W.:
Replantation abgetrennter Finger, Daumen und Hände durch Mikrochirurgie.
Dtsch. Ärztebl. 20: 1367, 1976

Serafin, D., Kutz, J.E., Kleinert, H.E.:
Replantation of a completely amputated distal thumb without venous anastomoses.
Plast. Reconstr. Surg. 52: 279, 1973

Serafin, D., Villareal-Rios, A.Y., Georgiade, N.G.:
Fourteen free groin flap transfers.
Plast. Reconstr. Surg. 57: 707, 1976

Smith, J.W.:
Microsurgery review of the literature and discussion of microtechniques.
Plast. Reconstr. Surg. 37: 227, 1966

Smith, R.L., Blick, E.F., Coalson, J., Stein, P.D.:
Thrombus production by turbulence.
J. Appl. Physiol. 32: 261, 1972

Snyder, C.C., Stevenson, R.M., Browne, Z.:
Successful replantation of a totally severed thumb.
Plast. Reconstr. Surg. 50: 553, 1972

Tamai, S., Sasauchi, N., Tatsumi, Y., Hori, Y., Okuda, H.:
Microvascular surgery in orthopaedics and traumatology.
J. Bone Joint Surg. 54: 637, 1972

Tamai, S., Hori, Y., Tatsumi, Y., Okuda, H., Mii, Y.:
Little finger replantation in a 20-month-old child: A case report.
Br. J. Plast. Reconstr. 27: 1, 1974

Taylor, I.G., Miller, G.D.H., Ham, F.J.:
The free vascularized bone graft.
Plast. Reconstr. Surg. 55: 533, 1975

Thurston, J.B., Buncke, H.J., Chater, N.L., Weinstein, P.R.:
A scanning electron microscopy study of microarterial damage and repair.
Plast. Reconstr. Surg. 57: 197, 1976

Winter, I., Grospitz, U.:
Ergebnisse elektronenoptischer Untersuchungen an der mikroskopisch-chirurgischen Gefäßnaht.
In: H. Scheunemann, R. Schmidtseder (Hrsg.): Plastische und Wiederherstellungschirurgie bei bösartigen Tumoren.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1982, 92-96

Herrn Professor Dr. med. G. Friedebold danke ich für die Überlassung des Themas und die Erlaubnis, die Einrichtungen der Klinik benutzen zu dürfen.

Herrn Dr. med. I. Winter und Herrn Dr. med. M. Sparmann sei mein Dank für die Anleitung zur praktischen Ausführung und Hilfe bei der Fertigstellung der Arbeit ausgesprochen.

Herrn Professor Dr. med. H.-J. Stolpmann danke ich für seine Hilfe bei der Beurteilung der histologischen Präparate.

Mein besonderer Dank gilt Frau Barbara Stahr für ihre wertvollen Ratschläge und die freundliche Unterstützung bei der Zusammenstellung der vorliegenden Arbeit.

Lebenslauf

Am 14. April 1957 wurde ich als Tochter des Kaufmannes Richard Pfeiffer und seiner Ehefrau Ilse, geb. Fischer, in Berlin-Wilmersdorf geboren.

Nach dem Besuch der Halensee-Grundschule legte ich im Dezember 1975 die Reifeprüfung am Hildegard-Wegscheider-Gymnasium in Berlin-Grunewald ab. Von April 1976 bis März 1977 besuchte ich die Friedrich-List-Oberschule in Berlin-Wilmersdorf, die ich als staatlich geprüfte Wirtschaftskorrespondentin der französischen Sprache verließ. Nach einem Semester MTA-Ausbildung an der Landeslehranstalt in Berlin nahm ich zum Wintersemester 1977/78 das Studium der Humanmedizin an der Freien Universität Berlin auf.

Das Physikum legte ich im Herbst 1979 ab, das ärztliche Staatsexamen bestand ich am 28. November 1983. Die Approbation als Ärztin wurde mir am 23. Dezember 1983 erteilt.

Von September 1981 bis Mai 1984 war ich als studentische Hilfskraft mit der Vorbereitung des mikrochirurgischen Trainingsprogrammes für die Replantationschirurgen im Oskar-Helene-Heim beschäftigt. Von November 1984 bis November 1985 war ich als externe ärztliche Gutachterin für das Landesversorgungsamt Berlin tätig. Seit Dezember 1985 arbeite ich als Assistenzärztin in der Orthopädischen Abteilung Britz unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. L. Hanslik.

Im Oktober 1983 heiratete ich den Arzt Dr. med. Christian Bohle, am 4. Juli 1984 wurde unsere Tochter Reina geboren.